



Open Archive TOULOUSE Archive Ouverte (OATAO)

OATAO is an open access repository that collects the work of Toulouse researchers and makes it freely available over the web where possible.

This is an author-deposited version published in : <http://oatao.univ-toulouse.fr/>
Eprints ID : 12609

The contribution was presented at WS-ALZHEIMER 2013 :
http://www.irit.fr/WS_ALZHEIMER2013/

To cite this version : Campo, Eric and Van den Bossche, Adrien and Vigouroux, Nadine and Vella, Frédéric and Daran, Xavier and Osuch, Edyta and Marquié, Jean-Claude and Etcheverry, Isabelle and Rumeau, Pierre *Déploiement et expérimentation d'un système socio-technique pour la surveillance des activités comportementales de personnes en perte d'autonomie dans un habitat intelligent*. (2013) In: Workshop Alzheimer, Approche pluridisciplinaire : De la recherche clinique aux avancées technologiques (WS-ALZHEIMER 2013), 25 January 2013 (Toulouse, France)

Any correspondance concerning this service should be sent to the repository administrator: staff-oatao@listes-diff.inp-toulouse.fr

Déploiement et expérimentation d'un système socio-technique pour la surveillance des activités comportementales de personnes en perte d'autonomie dans un habitat intelligent

► Eric Campo (LAAS, Toulouse),
Adrien van den Bossche, Nadine Vigouroux, Frédéric Vella (IRIT, Toulouse),
Xavier Daran (IUT, Blagnac),
Edyta Osuch, Jean-Claude Marquié, Isabelle Etcheverry (CLLE-LTC, Toulouse),

Pierre Rumeau (CHU, Toulouse)

■ **RÉSUMÉ** • Le maintien à domicile est un élément de réponse à la prise en charge des personnes en perte d'autonomie. La technologie est aujourd'hui suffisamment mûre pour accompagner ces personnes dans leur vieillissement chez elles. Le projet SUIPAD tente d'évaluer l'apport et l'impact de certaines technologies pour le recueil automatique de données ambiantes et physiologiques permettant une bonne connaissance des événements, des activités et attitudes qui caractérisent le comportement réel de personnes fragiles dans leur environnement de vie ordinaire.

■ **MOTS-CLÉS** • Maison intelligente, réseau de communication, capteurs ambiants et physiologiques, actimétrie, interfaces utilisateur, accessibilité, fusion de données, base de données, observation comportementale, évaluation cognitive.

■ **ABSTRACT** • *Home maintenance is a response to the care of people with loss of autonomy. The technology is now mature enough to support these people in their aging home. SUIPAD project attempts to assess the contribution and impact of some technologies for the automatic collection of data for environmental and physiological knowledge of events, activities and attitudes that characterize the actual behavior of frail people in their ordinary living environment.*

■ **KEYWORDS** • *Smart home, communication network, ambient and physiological sensors, actimetry, user-interfaces, accessibility, data fusion, database, behaviour analysis, cognitive evaluation.*

1. Introduction

L'allongement de la durée de vie entraîne une augmentation du nombre de personnes en situation de perte d'autonomie pouvant conduire à la dépendance (Loones *et al.*, 2008). Ce constat oblige à diversifier les réponses et les modes de prise en charge. L'étendue du service à la personne est sensiblement plus vaste que le seul secteur des personnes âgées, mais ces dernières constituent, par leur importance numérique croissante, un facteur clé de développement du secteur des services à la personne et du maintien à domicile. Parmi les principaux vecteurs de développement, on identifie notamment le besoin de sécurisation d'une personne âgée dépendante ou d'une personne handicapée et également le besoin d'une réponse à l'isolement et au déficit de lien social (Boulmier, 2010). Face à ces besoins, les opérateurs publics ou privés doivent développer des réponses adaptées et innovantes. Dans le domaine des personnes âgées, on peut citer par exemple les services liés à la mobilité (accompagnement dans les déplacements), les services aux aidants familiaux ou encore le développement de l'usage des NTIC (Nouvelles Technologies de l'Information et de la Communication) dans les situations de maladie, de vieillissement ou de perte d'autonomie (Rialle, 2007). C'est dans ce contexte que le projet SUIPAD a été lancé. Il vise à évaluer l'apport et l'impact de certaines technologies pour le recueil automatique de données ambiantes et physiologiques permettant une bonne connaissance des événements, des activités et attitudes qui caractérisent le comportement réel de personnes âgées dans leur environnement de vie ordinaire. Pour ce faire, cet environnement de vie doit être adapté et adaptable à son occupant de façon la plus transparente possible mais tout en lui conservant la maîtrise de son habitat.

Dans ce papier, nous rappelons les besoins croissants du maintien à domicile, l'objectif du projet SUIPAD, l'infrastructure matérielle et logicielle déployée au sein d'une maison intelligente, et les premiers résultats obtenus.

2. Le maintien à domicile

La question du maintien à domicile renvoie à une problématique actuelle, celle du vieillissement et de la prise en charge de la dépendance (Weber et Verollet, 2011). Elle se justifie autant par une nécessité sociétale que par des aspirations individuelles ou la recherche d'économies dans les dépenses de santé et de protection sociale. Cette problématique s'applique en particulier au cas du suivi des personnes fragiles en perte d'autonomie. Le retour à domicile par exemple nécessite une « organisation » du domicile du patient tirant bénéfice des avancées technologiques et domotiques permettant un suivi médical, social et psychologique adapté et respectueux de la vie privée (Campo *et al.*, 2012). Un certain nombre de questions se posent alors : comment recueillir des données ambiantes permettant une bonne connaissance des événements, des comportements et attitudes qui caractérisent le fonctionnement des

personnes fragiles (âgées, handicapées, convalescentes) dans leur environnement de vie ordinaire (EVO) ? Comment coupler et synchroniser l'ensemble de ces mesures avec une description fine des comportements pour en retirer toute la signification ? Comment également intégrer d'autres paramètres pertinents comme le statut cognitif et perceptif, l'état de santé, les caractéristiques de l'environnement familial et social, celles du logement,... ? Un suivi à grande échelle est nécessaire pour la preuve scientifique comme pour la faisabilité économique du maintien à domicile. Or la masse de main d'œuvre qui serait nécessaire, au domicile, est en pratique incompatible avec les méthodes d'observation classiques des sciences humaines et sociales (Norimatsu *et al.*, 2008). C'est pourquoi des techniques de recueil et d'enregistrement automatiques à distance sont indispensables. La télémétrie utilisée en physiologie du travail et du sport : ECG (ElectroCardioGraphie), EMG (ElectroMyoGraphie), EEG (ElectroEncéphaloGraphie), mouvements oculaires..., ainsi que la télémédecine (télémontoring cardiaque ou respiratoire) abordent des problématiques personnelles à faible échelle, et sur des durées limitées par rapport à un suivi de soins de longue durée pour le maintien à domicile (Jaunet Devienne, 2003) (Picard *et al.*, 2008).

Les techniques usuelles d'enregistrement vidéo, d'autoévaluation ou de recueil d'entretiens restent intéressantes mais se heurtent à de grandes difficultés (ex., la lourdeur des dépouillements). Une piste complémentaire est l'analyse des activités quotidiennes de l'usager dans son EVO par l'utilisation des technologies non intrusives de l'information et de la communication. Certains outils proposés reposent sur le suivi spatio-temporel de l'individu, d'autres sur la mesure de ses interactions avec les équipements de son habitat, d'autres encore sur la mesure de paramètres physiologiques, ou l'association de ces différentes possibilités (Chan, 2009).

Nous avons exploré ces aspects dans le cadre d'un projet de recherche applicatif.

3. Le projet SUIPAD

SUIPAD est un projet exploratoire de premier soutien (PEPS) financé par le CNRS. Il propose de mettre en place et d'évaluer un système de suivi de personnes vivant seules dans un contexte écologique (la difficulté habituelle de ces études réside justement dans le fait de réaliser des tâches de laboratoire suffisamment contextualisées) en prenant en compte conjointement l'interprétation socio-psychologique des données actimétriques et interactionnelles avec l'environnement.

Pour atteindre les objectifs visés, le projet SUIPAD fédère des compétences transversales de chercheurs de disciplines (électronique, réseaux, informatique, interaction homme-machine, psychologie, ergonomie, gérontechnologie) associant le domaine des SHS (Sciences Humaines et Sociales) et des STIC (Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication) ainsi que du monde clinique.

Le projet SUIPAD comporte globalement deux phases :

- Premièrement, il se focalise essentiellement sur le déploiement de dispositifs de capteurs ou matériels permettant de collecter des données ambiantes, actimétriques et physiologiques rendant compte du comportement réel de l'utilisateur dans son habitat. Cela implique la nécessité de mettre en place une structure de collecte de données et de fusion de données multidimensionnelles et de restitution des résultats d'analyse de ces données.

L'objectif ultime est de démontrer la faisabilité écologique de l'analyse conjointe de paramètres comportementaux, associés à des paramètres d'ordre cognitif, subjectif et physiologique pour la détection ou la prévention de situations de dangers (difficultés motrices, dérive du rythme circadien des activités et de certaines fonctions physiologiques, désorientation spatiotemporelle, chutes, ...).

- Parallèlement, il est nécessaire de permettre à l'utilisateur de pouvoir interagir avec son environnement de manière transparente au travers de commandes intuitives (tactile, reconnaissance vocale ou gestuelle). L'analyse des actions et des interactions de l'individu avec son environnement (actions d'ouverture/fermeture des occultants, allumage/extinction des éclairages, accès/départ au domicile, utilisation d'équipements motorisés ...) doit permettre de mieux cerner son profil à la fois perceptif, moteur et cognitif.

4. Un logement accessible et évolutif

4.1. Infrastructure matérielle

Le support servant de lieu d'expérimentation et d'évaluation est la Maison Intelligente (MI) de l'IUT de Blagnac. Cette structure est dotée de services facilitant la vie à domicile pour des personnes souhaitant conserver leur environnement familial nonobstant leurs difficultés physiologiques, psychiques et médicales (Campo, 2011).

La MI a une superficie de 80 m² et elle est construite sur le modèle d'un appartement classique tel que présenté dans la Figure 1.



Figure 1 • Appartement intelligent de l'IUT de Blagnac

On y retrouve plusieurs types d'éléments tels que des meubles à hauteur réglable permettant de s'adapter à la taille de la personne et à son handicap, ou encore des capteurs assurant la sécurité domestique (gaz, fumée, fuite d'eau) et permettant la téléassistance (détecteurs de chute et de présence). Des éléments plus classiques mais qui améliorent grandement le confort des personnes fragiles comme les volets roulants sont également présents. Des capteurs infrarouges permettant de suivre le déplacement de l'habitant ont également été installés. Tous ces éléments, capteurs comme actionneurs, sont interconnectés grâce à un bus filaire au standard KNX (KNX, 2003). Grâce à une dalle tactile qui sert d'interface-utilisateur, elle-même connectée au bus, on peut ainsi piloter l'ensemble des dispositifs implantés dans la maison, ainsi que visualiser les données issues des capteurs. Dans le cadre de ce projet, nous avons également ajouté la possibilité de commander certains équipements de la maison via une interface de commande vocale. Les premiers tests sont concluants. Une interface IP-KNX vient compléter l'ensemble, de façon à pouvoir interagir avec la MI sans limite de distance ni de système, grâce à l'universalité d'IP.

Chaque capteur ou équipement de la maison sollicité inscrit actuellement l'action détectée correspondante dans un fichier journalier, que cette action résulte d'un programme préalablement défini, d'un automatisme ou d'un comportement de l'habitant. Une action correspond donc à une commande qui donne lieu à une trame générale au format XML (eXtended Markup Language) comme on peut le voir sur la Figure 2. Dans cet exemple, la mise en marche du radiateur de la pièce WC est considérée comme une action et est inscrite dans le fichier journalier.

Trame XML d'une donnée capteur :

```
<ACTION>
<DATE>28/03/2012</DATE>
<HEURE>00h09m11s</HEURE>
<TYPECOM>CMD</TYPECOM>
<TYPECAPTEUR>COM</TYPECAPTEUR>
<ETAGE>RDC</ETAGE>
<PIECE>WC</PIECE>
<NOMCAPTEUR>RAD-A+RAD-B</NOMCAPTEUR>
<ETAT>ON</ETAT>
</ACTION>
```

Figure 2 • Trame XML générée par le déclenchement d'un capteur

4.2. Infrastructure logicielle

En plus des équipements existants au sein de la MI et communiquant à l'aide du bus KNX, nous souhaitons intégrer d'autres éléments qui permettront d'enrichir la base de données et d'établir des diagnostics plus élaborés.

La Figure 3 présente la structure des éléments que nous souhaitons interconnecter au sein d'une base de données commune, gérée en MySQL. Une application Web a

été développée à l'aide de l'outil GWT qui permet de réaliser des interfaces utilisateurs personnalisables et performantes en langage Java et compilée en JavaScript pour être exécutée sur le navigateur du poste client. Elle est divisée en deux entités très distinctes : le serveur et le client.

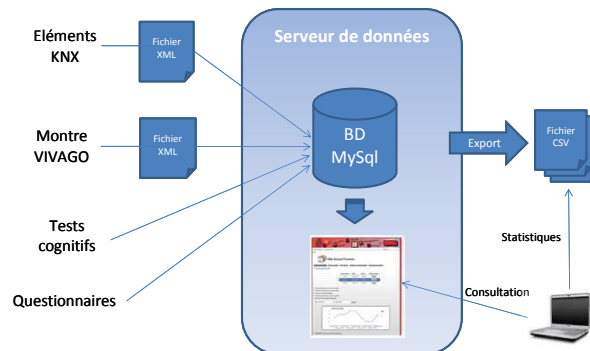


Figure 3 • Trame XML générée par le déclenchement d'un capteur

A ce jour, seules les données XML des éléments (ON/OFF/valeurs) issues des matériels connectés sur le bus KNX et les données d'ordre physiologique (activité de mouvement issues de la montre Vivago) (Vivago, 2012) sont recueillies dans la base de données.

5. Recueil et exploitation des données

5.1. Définition des indicateurs

Nous avons décomposé les indicateurs suivant trois catégories distinctes. Pour chaque catégorie, nous avons déterminé les indicateurs à mettre en place :

- mobilité – chute,
 - nombre de pas, distance parcourue, vitesse
 - nombre et horaires de sorties
 - nombre de chutes, type de chutes, besoin d'intervention
- sommeil,
 - temps et durée de sommeil
 - horaires de sommeil
 - caractéristiques du sommeil (nombre de levers, exception dans les habitudes...)
- nutrition – hygiène.
 - courbe de poids
 - temps passé dans la cuisine et dans la salle de bain
 - horaires de repas

La mesure de ces indicateurs passe la plupart du temps par la prise en compte combinée de plusieurs données capteurs. C'est cette agrégation de données multisensorielles qui permet de remonter à une information enrichie de la situation. Nous avons ainsi pour chaque indicateur fait correspondre les différentes données capteurs nécessaires. Nous avons, pour chaque indicateur proposé, établi les cas d'utilisation correspondant que nous avons ensuite implémentés au niveau de l'interface utilisateur.

L'information fournie à l'utilisateur peut être altérée par la précision des algorithmes de calcul et d'analyse particulièrement quand le nombre de données pour décrire une situation est faible. Il serait ainsi nécessaire de mettre en place un système d'indice de confiance permettant d'informer l'utilisateur du degré de certitude vis-à-vis de l'information communiquée. En effet, il est possible qu'un seul capteur ne nous délivre pas assez d'information.

5.2. Représentation des activités

Une partie importante de l'application concerne la visualisation de l'activité du patient au sein de la maison intelligente. Il s'agit ici de récupérer les données pertinentes via une base de données adaptée et de proposer des courbes d'évolution caractéristiques des activités comportementales de la personne suivie.

La modélisation comportementale est proposée à partir des données de présence et des données issues des actions et interactions de l'individu avec son environnement (actions d'ouverture/fermeture des occultants, allumage/extinction des éclairages, accès au/départ du domicile), de manière, d'une part, à définir son profil perceptif, moteur et cognitif, et d'autre part, à élaborer un premier diagnostic automatique du contexte à visée de dépistage.

L'application propose ainsi 6 types de représentation de l'activité du patient :

- les dernières alertes relevées (chute...),
- entrées et sorties de l'occupant,
- état de l'éclairage de la maison,
- ouverture et fermeture des occultants,
- horaires de réveil et de coucher du patient,
- répartition du temps passé dans chaque pièce.

L'interface développée s'adresse au surveillant de l'application (médecin référent, personnel soignant...) mais également à l'utilisateur lui-même. Seuls les droits d'accès différencient les données accessibles par l'un ou l'autre. Le médecin, par exemple, accède à une vue globale de ses patients et quelques informations de l'ordre de l'état civil. Lorsqu'il choisit un patient, il accède à son dossier avec les onglets suivants :

- « Activité du Patient » concernant les données renvoyées par les capteurs de l'habitat. Cet onglet permet un suivi personnalisé du patient dans son habitat.
- « Dossier Patient » contenant les informations personnelles et médicales du patient. Ces données sont modifiables.
- « Plan Maison » qui contient le plan de l'habitat du patient.

La Figure 4 présente un exemple des informations fournies à partir de la base de données.



Figure 4 • Interface profil médecin/usager

La Figure 5 montre le suivi de la mobilité et des chutes au cours du temps. En adéquation avec les besoins récoltés auprès des professionnels de santé, ce graphique modélise le nombre de chutes lors des quatre dernières semaines, ce qui permet d'avoir une vision globale du nombre de chutes et du type de chute (avec intervention ou sans). Les deux autres graphiques modélisent la mobilité de la personne suivie. Ils permettent d'observer immédiatement l'évolution de la mobilité de la personne à travers le nombre de changements de pièces (ou de zones) effectués ainsi que le nombre de sorties réalisées par la personne lors des trois derniers mois, montrant clairement si la personne évolue positivement ou non.



Figure 5 • Visualisation de l'indicateur « Mobilité - chutes »

Une interface spécifique permet également à l'installateur ou la personne en charge du suivi technique de configurer l'habitat en disposant les étages, les pièces et les différents capteurs permettant le suivi du patient (ajout de capteurs, localisation...). Il gère ces aspects directement depuis l'application.

5.3. Discussion

Le travail engagé a permis de développer une infrastructure permettant le recueil de données issues de capteurs ambiants, embarqués ou portés et leur stockage dans une base de données structurée. Ces développements ont utilisé des langages standard (XML, MySQL, Java...). Une application Web a permis d'explorer les possibilités de restitution des données à l'utilisateur en lui fournissant des informations d'activités (indicateurs) de l'usager établies à partir d'un traitement multi-sensoriel des données. Ces indicateurs ont fait l'objet d'une analyse des besoins auprès de professionnels de santé. Les informations fournies seront complétées et corrélées par d'autres éléments d'ordre cognitif ou psychologique (questionnaires, tests) liés à l'usager qui seront prochainement intégrés dans la base de données.

Enfin, une évaluation en conditions de tests réels avec de vrais usagers doit être conduite prochainement.

6. Conclusion

Ce papier présente l'infrastructure technique mise en place pour le recueil de mesures ambiantes et l'observance des activités de vie, l'élaboration d'une structure de stockage et de gestion des données permettant de conduire à une analyse des données comportementales et à un maintien à domicile sécurisé. Les expérimentations se sont déroulées au sein de la "Maison Intelligente" de l'IUT de Blagnac.

L'objectif de ce travail comporte deux phases : l'observation des données liées à l'habitat et à son occupant (ambiance, événements, activités, comportements) et la corrélation de ces données avec le profil de la personne.

L'approche retenue est celle du suivi spatio-temporel de la personne et de ses interactions avec les équipements de son habitat ce qui permet à la fois de définir son profil perceptif, moteur et cognitif pouvant amener à la détection ou à la prévention de situations de danger (difficultés motrices, troubles du rythme circadien, désorientation spatiotemporelle, chutes, ...).

La première partie de ce travail a permis l'évaluation des dispositifs sur le plan technique. Il reste à conduire une évaluation sur les plans de l'utilisabilité et de l'acceptabilité grâce à des modèles utilisés en psychologie ergonomique. Le projet ECAMI qui démarre vise à réaliser cette évaluation avec des personnes âgées.

7. Remerciements

Les auteurs remercient la MSHS_T et le CNRS (PEPS) qui ont soutenu financièrement ces travaux, l'ensemble des partenaires institutionnels et industriels, la société DomoCenter pour sa collaboration dans la définition et l'intégration des dispositifs domotiques, ainsi que la ville de Blagnac, principal financeur de la plateforme Maison Intelligente.

8. BIBLIOGRAPHIE

BOULMIER M. (2010). *Bien vieillir à domicile : enjeux de l'habitat, enjeux de territoires*. Paris : Rapport au secrétaire d'Etat au logement et à l'urbanisme. La Documentation Française, juin 2010, 170 p. Disponible sur internet : <http://www.ladocumentationfrancaise.fr/rapports-publics/114000077/index.shtml> (consulté le 06 mars 2013).

CAMPO E., DARAN X., REDON L. (2011). Une maison intelligente au carrefour des sciences technologiques et des sciences humaines. *2^{ème} Conférence internationale sur l'accessibilité et les systèmes de suppléance aux personnes en situation de handicap*, Paris, France, p. 33-42.

CAMPO E., ESTEVE D., CHAN M. (2012). Conception d'un habitat adapté pour l'aide à l'autonomie des personnes âgées. *Les Cahiers de l'Année Gériatrique*, Springer, Vol. 4, p. 356-363.

CHAN M., CAMPO E., ESTEVE D. (2009). Smart homes — Current features and future perspectives. *Maturitas*, Vol. 64, p. 90-97.

JAUNET DEVIENNE M-F. (2003). Intérêt de la surveillance de la dépense énergétique par télémétrie : application en physiologie humaine, intérêt en pathologie. *Annales de Biologie Clinique*, Vol. 61, n°2, p. 199-201.

KNX Association (2003). *The KNX Standard 1.1*. Disponible sur internet : <http://www.konnex.fr/> (consulté le 06 mars 2013).

LOONES A., DAVID-ALBEROLA E., JAUNEAU P. (2008). *La fragilité des personnes âgées : perceptions et mesures*. CREDOC, cahier de recherche 256, décembre 2008, 83 p. Disponible sur internet : <http://www.credoc.fr/pdf/Rech/C256.pdf> (consulté le 06 mars 2013).

NORIMATSU H., PIGEM N., BARTHE B., BOUVILLE J-F. (2008). *Les techniques d'observation en sciences humaines*. Armand Collin.

PICARD F., BORDACHAR P., DOS SANTOS P. (2008). Suivi à distance des patients en insuffisance cardiaque. *MT Cardio*, Vol. 4, n°2, p. 104-11.

RIALLE V. (2007). *Technologies nouvelles susceptibles d'améliorer les pratiques gériatriques et la vie quotidienne des malades âgés et de leur famille*. Paris : Rapport pour le Ministère de la Santé et des Solidarités, mai 2007, 74 p. Disponible sur internet : <http://www.globalaging.org/elderrights/world/2007/tech.pdf> (consulté le 06 mars 2013).

VIVAGO (2012). Disponible sur internet : <http://www.vivago.fr/SAS/> (consulté le 06 mars 2013).

WEBER M., VEROLLET Y. (2011). *La dépendance des personnes âgées*. JO RF conseil économique social et environnemental, juin 2011, 79 p. Disponible sur internet : <http://www.ladocumentationfrancaise.fr/var/storage/rapports-publics/114000337/0000.pdf> (consulté le 06 mars 2013).